

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИИ ЛИЦА И КИСТЕЙ РУК ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ
АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ АРКТИКИ**

А.А. ЛОБАНОВ*, Р.А. КОЧКИН*, С.В. АНДРОНОВ*, А.И. ПОПОВ*, И.В. ПРОТАСОВА*,
Л.П. ЛОБАНОВА*, Ф.А. БИЧКАЕВА**, Е.Н. БОГДАНОВА***, И.В. КОБЕЛЬКОВА****

* ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»,

ул. Республики, д. 20, г. Салехард, 629008, Россия, e-mail: info@arctic89.ru

** ФГБУН ФИЦКИА РАН, наб. Северной Двины, д. 23, г. Архангельск, 163000, Россия,

e-mail: dirnauka@fciarctic.ru

*** ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,

наб. Северной Двины 17, Архангельск, 163002, Россия, e-mail: public@narfu.ru

**** ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Устьинский проезд, дом 2/14, г. Москва, 109240, Россия,

e-mail: mailbox@ion.ru

Аннотация. В Арктике для мониторинга состояния здоровья и оценки адаптированности населения к суровым климатическим условиям наиболее применимы портативные медицинские устройства. Кроме того, оборудование должно быть безопасным, мобильным и удобным, обеспечивая высокую пропускную способность и информативность в реальном времени. Таким критериям соответствуют современные тепловизоры позволяющие получать термограммы человека, на основе которых оценивается симметрия кровоснабжения различных частей тела. Было проведено исследование на территории Ямало-Ненецкого Автономного округа на полуострове Ямал и Гыдан. Обследовано 201 человек взрослого населения. Средний возраст обследованных составил 45,8±12,3 лет у мужчин и 40,72±12,5 лет у женщин. Из них коренные жители Ямала составили 152 человек (68,3%), пришлое население – 49 человек (22,2%). Средний северный стаж пришлое населения составил 27,23±13,09 лет. Термография проводилась с помощью портативного тепловизора *SDSHotFind-LX* (диапазон измерений -20...+600°C, размер ИК-матрицы 384×288, Великобритания). Снимки выполнялись в комфортных температурных условиях (температура фона 21-22°C), с дистанции 2 метра. Выявлено, что у приехавших жителей Ямала по сравнению с коренными жителями асимметрия термограммы лица и кистей достоверно более выражена ($p=0,03$ и $p=0,04$ соответственно) в сравнении с коренными жителями, что может говорить об их меньшей адаптированности. Выраженность температурной асимметрии лица и кистей не зависит от возраста и северного стажа. У больных гипертонической болезнью наблюдается более выраженная асимметрия термограммы лица ($p<0,001$) и более низкий тепловой градиент между отдельными частями лица, чем у здоровых лиц.

Ключевые слова: термография, вегетативная нервная система, асимметрия кровотока, адаптация, Арктика.

**APPLICATION OF FACE AND HANDS THERMOGRAPHY FOR DIAGNOSTICS OF ADAPTATION
DAMAGE TO ARCTIC CONDITIONS**

A.A. LOBANOV*, R.A. KOCHKIN*, S.V. ANDRONOV*, A.I. POPOV*, I.V. PROTASOVA*,
L.P. LOBANOVA*, F.A. BICHKAEV**, E.N. BOGDANOVA***, I.V. KOBELKOVA****

* State governmental institution of the Yamalo-Nenets Autonomous District "Scientific Center for the Study of the Arctic", Republic Str., 20, Salekhard, 629008, Russia, e-mail: info@arctic89.ru

** Federal State Budgetary Institution Of Science Federal Research Center For Complex Study Of The Arctic Of The Russian Academy Of Sciences, Severnaya Dvina Sq., 23, Arkhangelsk, 163000, Russia,
e-mail: dirnauka@fciarctic.ru

*** FSAEI HE "Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov",
Severnaya Dvina Sq., 17, Arkhangelsk, 163002, Russia, e-mail: public@narfu.ru

**** FSBI "FRS Nutrition and Biotechnology", Ustinsky passage, 2/14, Moscow, 109240, Russia,
e-mail: mailbox@ion.ru

Abstract. In the Arctic, portable medical devices are most applicable for monitoring health status and assessing the adaptability of the population to harsh climatic conditions. The equipment should be safe, mobile and convenient, providing high bandwidth and information in real time. Such criteria correspond to modern thermal imagers that allow to obtaining human thermograms, on the basis of which the symmetry of the blood supply to various parts of the body is estimated. A study was conducted on the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous District on the Yamal and Gydan Peninsulas. 201 adults were examined whose average age was 45.8 ±

12.3 years for men and 40.72 ± 12.5 years for women. The indigenous people of Yamal made up 152 people (68.3%), the alien population - 49 people (22.2%). The average northern experience of alien population was 27.23 ± 13.09 years. Thermography was carried out using a portable thermal imager SDSHotFind-LX (measurement range -20 ... + 600°C, IR matrix size 384 × 288, United Kingdom). The pictures were taken in comfortable temperature conditions (background temperature 21-22°C), from a distance of 2 meters. It was revealed that alien inhabitants of Yamal compared with the indigenous people had asymmetry of the face and hand thermograms significantly more pronounced ($p = 0.03$ and $p = 0.04$, respectively) compared with the indigenous people, which may indicate their less adaptability. The intensity of the temperature asymmetry of the face and hands does not depend on the age and northern length of service. In hypertensive patients, there is a more pronounced asymmetry of the face thermogram ($p < 0.001$) and a lower thermal gradient between separate parts of the face than in healthy individuals.

Keywords: thermography, autonomic nervous system, blood flow asymmetry, adaptation, Arctic.

Введение. Любому врачу, работающему в суровых Арктических условиях, мечтает о неприхотливом диагностическом методе? способном помочь в диагностике хронических заболеваний, контроле над состоянием здоровья сотрудников и профессиональном отборе лиц для работы в условиях Крайнего Севера. Кроме того, данный метод должен иметь высокую пропускную способность, безопасность для пациента и врача, обеспечивать обработку информации в течение реального времени, быть не требовательным к месту проведения, опыту оператора, а оборудование должно обладать высокой мобильностью и удобством в обслуживании.

Конечно, реализовать данные требования на практике весьма непросто. Одним из интересных диагностических методов отвечающим части данных требований является дистанционная инфракрасная термография лица и кистей [2, 5].

Данным методом основан на анализе теплового излучения с поверхности кожи. Тепловая энергия к поверхности кожи переносится кровью, образуется при работе мышц и более глубоко расположенных активно метаболизирующих органов. Тепловизор является пассивным приемником и цифровым графическим преобразователем теплового излучения, следовательно, безопасен для пациента и врача как цифровой фотоаппарат или кинокамера и позволяет делать несколько десятков снимков в минуту без каких-либо расходных материалов и предварительной подготовки. Современные тепловизоры представляют собой компактное портативное устройство, не нуждаются в жидком азоте для охлаждения матрицы, могут давать стабильное разрешение ($0,02^\circ\text{C}$) в широком тепловом диапазоне [6, 7].

Главным источником тепла является кровь, протекающая по сосудам кожи (90-99 %) [3]. Просвет сосудов регулируется вегетативными волокнами симпатической и парасимпатической нервной системы и образующимися в эндотелии сосудов вазоактивными веществами. Следовательно, тепловая картина кожи в первую очередь отражает вегетативную регуляцию сосудистого тонуса и состояние их эндотелия. Сосуды кожи лица иннервируются вегетативными волокнами, идущими в составе черепно-мозговых нервов, сосуды кисти иннервируются вегетативными волокнами, идущими из околопозвоночных ганглиев в составе шейного и аортального сплетения.

Известно, что наиболее сложные адаптационные процессы у жителей Крайнего Севера претерпевает центральная нервная система, возрастает подкорковая и корковая функциональная асимметрия (наиболее часто преобладание правого полушария), что в том числе проявляется асимметрией вегетативной регуляции тонуса сосудов [1].

Почему же оценка тепловой асимметрии широко не применяется для оценки адаптации, несмотря на очевидные технические преимущества и понятный механизм получения информации? Данная ситуация видимо объясняется опережением развития технических возможностей получения качественного изображения по сравнению с возможностями научно-обоснованной интерпретации получаемого изображения.

Цель исследования – изучить нарушения адаптации населения Арктики с помощью метода термографии.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в рамках экспедиции морского базирования «Ямал Арктика-2012» на территории Ямало-Ненецкого Автономного округа на полуострове Ямал и Гыдан в летний период, в п. Гыда и Гыданской тундре, в п. Се – Яха и Сеяхинской тундре, в п. Мыс Каменный и в п. Новый Порт. Всего обследовано врачом терапевтом 201 (24% мужчин, 76% женщин) человек, из числа пришлого и коренного населения в возрасте 18-69 лет. Средний возраст обследованных составил $45,8 \pm 12,3$ лет у мужчин и $40,72 \pm 12,5$ лет у женщин. Из них лиц коренных жителей Ямала составили 152 чел. (68,3%), пришлое население – 49 чел. (22,2%). Среди коренного населения обследовано 26 мужчин (16,6%) и 126 женщин (83,4%), средний возраст $40,33 \pm 12,69$. Среди пришлого населения – 15 мужчин (30,6%) и 34 женщины (69,4%), средний возраст $49,03 \pm 11,07$, средний северный стаж пришлого населения составил $27,23 \pm 13,09$ лет.

Термография проводилась с помощью портативного тепловизора *SDSHotFind-LX* (диапазон измерений $-20...+600^{\circ}\text{C}$, размер ИК-матрицы 384×288 , Великобритания). Снимки выполнялись в комфортных температурных условиях (температура фона $21-22^{\circ}\text{C}$), с дистанции 2 метра. Пациенты находились в положении сидя. Снимок лица проводился во фронтальной проекции. Кисти рук были обращены ладонями к объективу и расположены на уровне лица. Пациенты за сутки до исследования воздерживались от употребления алкогольных напитков и за час до исследования от еды, питья, курения, физической нагрузки и охлаждения, не мыли руки и лицо, пребывали в помещении при температуре комфорта.

На лице сравнивалась интенсивность излучения правой и левой половин носогубного треугольника. На кистях сравнивался тенор правой руки и тенор левой руки. Данные области были выбраны для сравнения в виду отсутствия отморожений, относительной стабильностью кровообращения, хорошей воспроизводимости результатов при повторном исследовании. Обработку результатов осуществляли с помощью пакета программ *Statistica for Windows, v.8.0 (StatSoft Inc., США)*. После проверки полученных данных на закон нормального распределения, оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью *U*-критерия *Mann-Whitney*. Полученные данные представлены в виде средней арифметической величины и стандартного отклонения ($M\pm SD$). Уровень статистической значимости принят при ($p<0,05$) [4].

Результаты и их обсуждение. В ходе проведенных исследований было выявлено, что у пришлых жителей асимметрия термограммы лица и кистей более выражена, чем у коренных жителей, ($p=0,03$ и $p=0,04$ соответственно), что может свидетельствовать о более высокой напряженности адаптации у пришлых жителей (рис. 1).

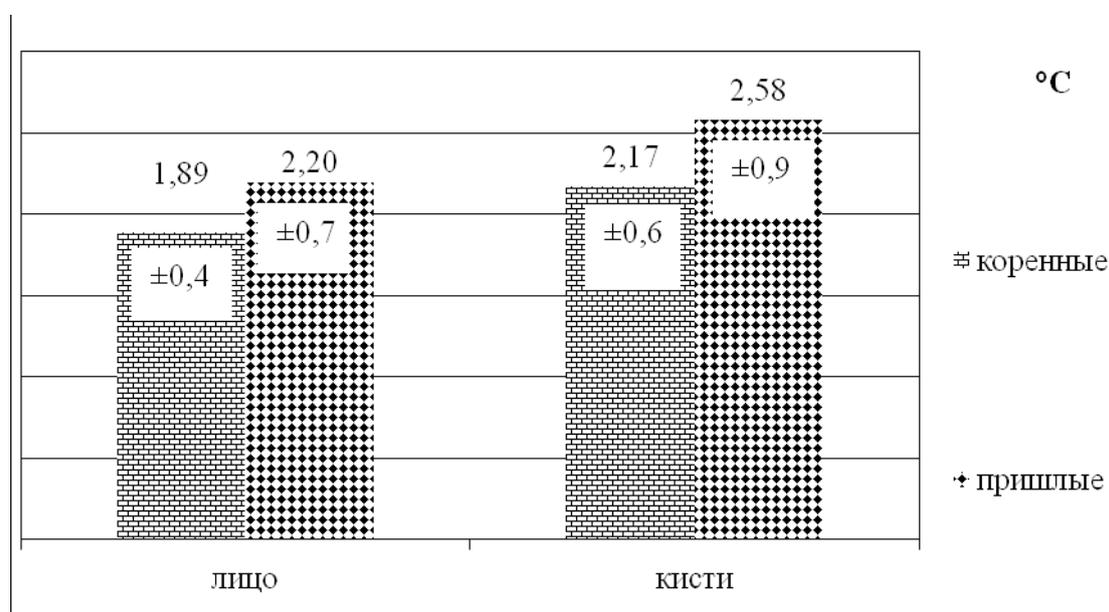


Рис. 1. Сравнение средних значений асимметрии термограммы лица и кистей коренного и пришлого населения

Зависимости тепловой асимметрии кистей и лица от возраста и северного стажа не выявлено, что делает метод термографии более удобным для диагностики нарушений адаптации (рис. 2), (рис. 3).

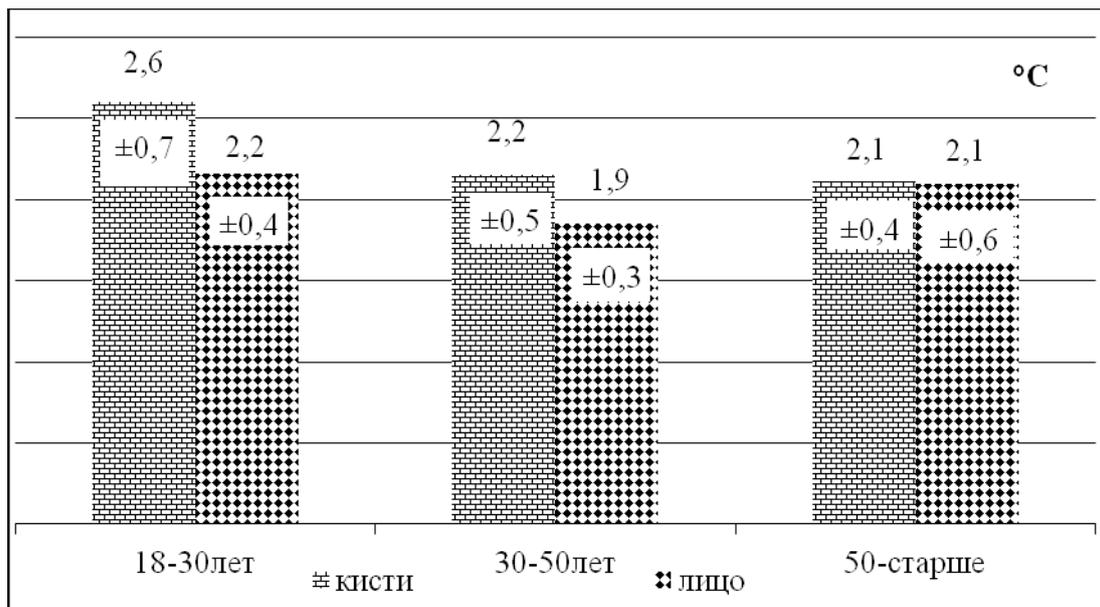


Рис. 2. Выраженность тепловой асимметрии лица и кисти в зависимости от возраста

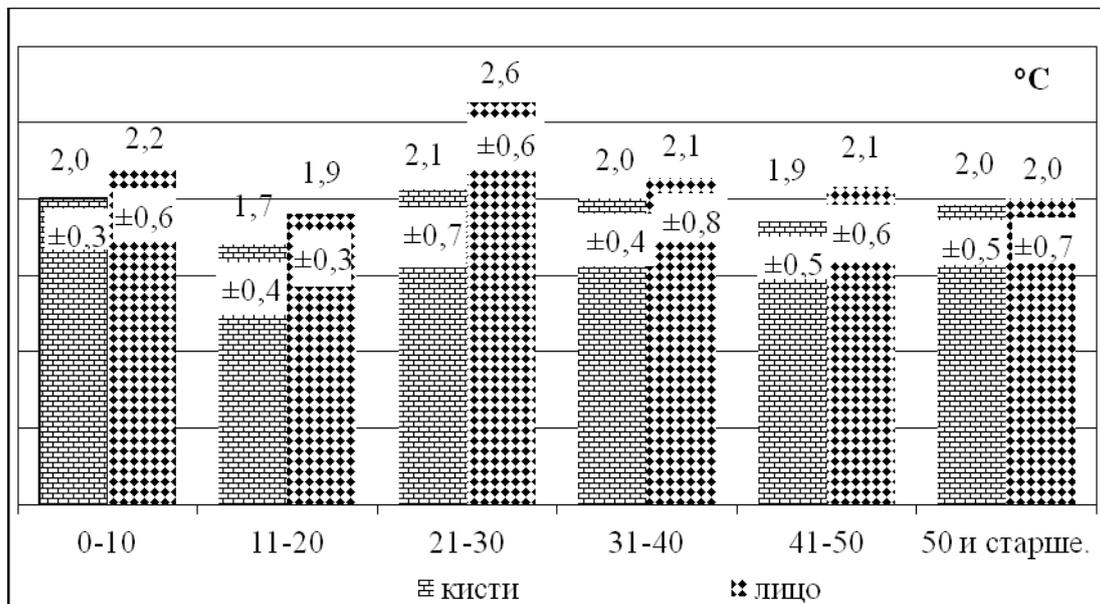


Рис. 3. Выраженность тепловой асимметрии лица и кисти в зависимости от северного стажа

В ходе исследования выявлено, что асимметрия температуры лица у больных с гипертонической болезнью достоверно ($p < 0,001$) отличалась от здоровых (рис. 4).

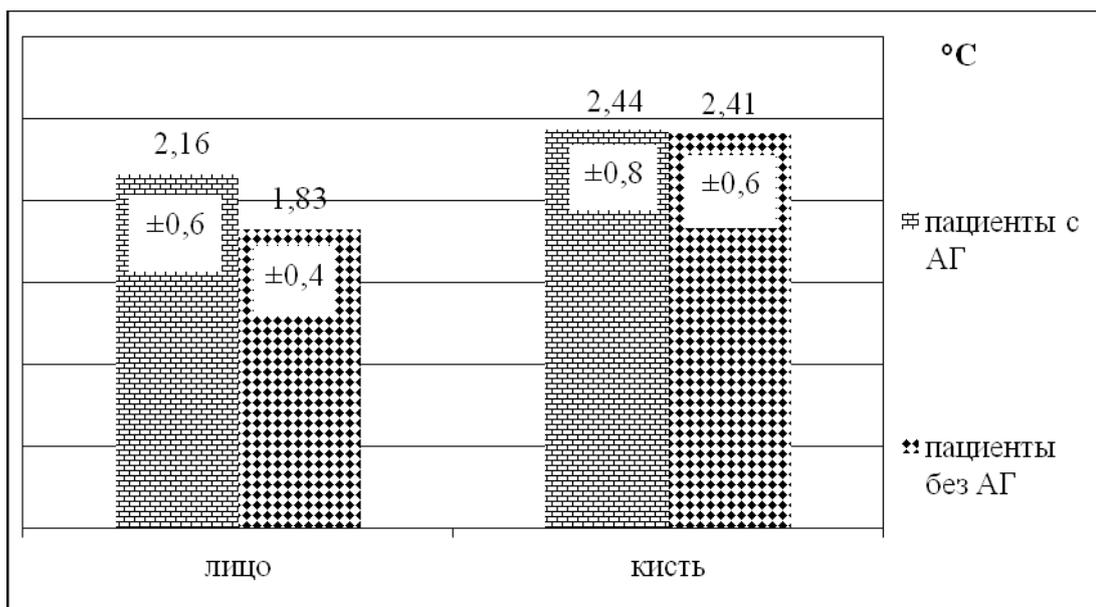


Рис. 4. Выраженность тепловой асимметрии лица и кистей у пациентов страдающих гипертонической болезнью и здоровых лиц

Заключение. У пришлых жителей Ямала по сравнению с коренными жителями асимметрия термограммы лица и кистей более выражена, что может говорить об их меньшей адаптированности. Выраженность асимметрии лица и кистей не зависит от возраста и северного стажа. У больных гипертонической болезнью наблюдается более выраженная асимметрия термограммы лица и более низкий тепловой градиент между отдельными частями лица, чем у здоровых лиц.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-010-00875/19.

Литература

1. Александров С.Г. Функциональная асимметрия и межполушарные взаимодействия головного мозга: учебное пособие для студентов. ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра нормальной физиологии. Иркутск: ИГМУ, 2014. 62 с.
2. Мекшина Л.А., Усынин В.А., Столяров В.В., Усынин А.Ф. Применение тепловидения в диагностике облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей // Сибирский медицинский журнал. 2012. Т. 27, № 2. С. 15–22.
3. Мельников Д.С. Физиологические основы терморегуляции при мышечной работе. Учебно-методическое пособие. СПб.: СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2006. 27 с.
4. Орлова И.В. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS: Учеб. пособие. М.: Вузовский учебник, 2014. 310 с.
5. Хадарцев А.А., Белевитин А.Б., Гусак Ю.К., Дармограй В.Н., Еськов В.М., Зилов В.Г., Карасева Ю.В., Кидалов В.Н., Купеев В.Г., Лобзин Ю.В., Макеев Б.Л., Морозов В.Н., Морозова В.И., Несмянов А.А., Никитин А.Э., Панов П.Б., Потоцкий В.В., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Хапкина А.В., Хижняк Е.П., Цыган В.Н., Четкин А.В. Диверсификация результатов научных открытий в медицине и биологии. Тула, 2009. Т. 1. 256 с.
6. Хадарцев А.А., Леонов Б.И., Гонтарев С.Н., Борисова О.Н., Хижняк Е.П., Бицоев В.Д., Татьяненко Т.Н., Хижняк Л.Н. Восстановительная медицина. Том 5 / Под ред. Бицоева В.Д., Гонтарева С.Н., Хадарцева А.А. Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2012. 228 с.
7. Хадарцев А.А., Хижняк Л.Н., Борисова О.А., Хижняк Е.П., Иваницкий Г.Р. Современные системы динамической инфракрасной термографии в диагностике ревматоидного артрита // Вестник новых медицинских технологий. 2017. №4. С. 137–143.

References

1. Aleksandrov SG. Funkcional'naja asimmetrija i mezhpolutsharnye vzaimodejstvija golovnogo mozga: uchebnoe posobie dlja studentov [Functional asymmetry and interhemispheric interactions of the brain: a train-

ing manual for students]. State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Moscow State Medical University, Department of Normal Physiology. Irkutsk: IGMU; 2014. Russian.

2. Mekshina LA, Usynin VA, Stolyarov VV, Usynin AF. Primenenie teplovideniya v diag-nostike obliterirujushhijh zabolevanij arterij nizhnijh konechnostej [The use of thermal imaging in the diagnosis of obliterating diseases of lower limb arteries]. Siberian Medical Journal. 2012;27(2):15-22. Russian.

3. Melnikov DS. Fiziologicheskie osnovy termoreguljaccii pri myshechnoj rabote [Physiological basis of thermoregulation during muscular work. Study Guide]. Sankt-Peterburg: SPb GUFK them. P.F. Lesgaft; 2006. Russian.

4. Orlova IV. Mnogomernyj statisticheskij analiz v jekonomicheskijh zadachah [Multivariate statistical analysis in economic problems: computer simulation in SPSS]: Proc. allowance. Moscow: University textbook; 2014. Russian.

5. Hadarcev AA, Belevitin AB, Gusak JuK, Darmograj VN, Es'kov VM, Zilov VG, Karaseva JuV, Kidalov VN, KupeeV VG, Lobzin JuV, Makeev BL, Morozov VN, Morozova I, Nesmejanov AA, Nikitin AJ, Panov PB, Potockij VV, Filatova OE, Hadarceva KA, Hapkina AV, Hizhnjak EP, Cygan VN, Chechetkin AV. Diversifikacija rezul'tatov nauchnyh otkrytij v medicinine i biologii [Diversification of the results of scientific discoveries in medicine and biology]. Tula; 2009. Russian.

6. Hadarcev AA, Leonov BI, Gontarev SN, Borisova ON, Hizhnjak EP, Bicoev VD, Tat'janenko TN, Hizhnjak LN. Vosstanovitel'naja medicina [Restorative medicine]. Tom 5. Pod red. Bicoeva VD, Gontareva SN, Hadarceva AA. Tula: Izd-vo TulGU – Belgorod: ZAO «Belgorodskaja oblastnaja tipografija»; 2012. Russian.

7. Hadarcev AA, Hizhnjak LN, Borisova OA, Hizhnjak EP, Ivanickij GR. Sovremennye sistemy dinamicheskoi infrakrasnoj termografii v diagnostike revmatoidnogo artrita [Modern systems of dynamic infrared thermography in the diagnosis of rheumatoid arthritis]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2017;4:137-43.

Библиографическая ссылка:

Лобанов А.А., Кочкин Р.А., Андронов С.В., Попов А.И., Протасова И.В., Лобанова Л.П., Бичкаева Ф.А., Богданова Е.Н., Кобелькова И.В. Применение термографии лица и кистей рук для диагностики нарушений адаптации к условиям Арктики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. №4. Публикация 3-12. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-4/3-12.pdf> (дата обращения: 29.08.2019). DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16405. *

Bibliographic reference:

Lobanov AA, Kochkin RA, Andronov SV, Popov AI, Protasova IV, Lobanova LP, Bichkaev FA, Bogdanova EN, Kobelkova IV. Primenenie termografii lica i kistej ruk dlja diagnostiki narushenij adaptacii k uslovijam Arktiki [Application of face and hands thermography for diagnostics of adaptation damage to Arctic conditions]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2019 [cited 2019 Aug 29];4 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-4/3-12.pdf>. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16405.

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-4/e2019-4.pdf>